

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“ANÁLISIS DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA MEDIANTE
GEOREFERENCIACIÓN, EMPRESA MINERA ALSABE
S.R.L, BAMBAMARCA - CAJAMARCA, 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero De Minas

Autor:

Bach. Bitello Gálvez Díaz

Bach. Jhon Edinson Merlo Aramburu

Asesor:

Ing. Elmer Ovidio Luque Luque

Cajamarca – Perú

2019



DEDICATORIA

A mis padres, hermanos, amigos por su constante apoyo brindado, en especial a mi hijo Joao y a mi esposa Lucelina por motivarme e impulsarme a seguir luchando por mi formación profesional.

Bitello Gálvez

“Suave ciertamente es la luz, y agradable a los ojos ver el sol; pero aunque un hombre viva muchos años, y en todos ellos tenga gozo, acuérdesse sin embargo que los días de las tinieblas serán muchos. Todo cuanto viene es vanidad.

(Eclesiastés 11, 7-8)”.

Dedico mi tesis con todo el amor a mi padre, mi madre, y hermanas Yesi y Epifania, personas esenciales en mi vida.

Jhon Merlo

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme la vida, a mis padres, hermanos, amigos, a mi esposa Lucelina y a mi hijo Joao por su motivación hacia mí, a la Universidad Privada del Norte, en especial a los docentes que gracias a sus conocimientos impartidos contribuyeron en mi formación profesional, que en un futuro podré plasmar en un mundo laboral competitivo

Bitello Gálvez

A mi asesor, el Ing. Elmer Ovidio Luque Luque, por compartir conocimiento y a apoyo brindado a lo largo del trabajo. Al docente de curso Ing. Shonel Miguel Cáceres Pérez, por compartir conocimiento y apoyo brindado a lo largo del trabajo. El gerente administrativo de Alsabe SRL, por abrir las puertas, para este proyecto de investigación, no solo en su unidad, sino en todo el emprender y también por completo apoyo a las necesidades y requerimientos de procesos de investigación. A mi familia, por todo el apoyo y comprensión, especialmente a mi padre y madre siendo un pilar principal en esta caminata. A Yesi por su apoyo incondicional.

Jhon Merlo

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.2. Formulación del problema	12
1.3. Objetivos.....	13
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	14
2.4. Procedimiento.....	17
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	19
CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN	33
4.1. Discusión	33
4.2. Conclusiones.....	35
REFERENCIAS	37
ANEXOS.....	39
ANEXO 1. DATOS OBTENIDOS EN CAMPO	39
ANEXO 2. CONCESIONES DE LA EMPRESA ALSABE S.R.L.....	40
ANEXO 3. RESULTADOS DE LA CONCENTRACIÓN DE MINERAL.....	41
ANEXO 4. MAPA DE DISTRIBUCIÓN MINERAL EN LAS CONCESIONES DE LA EMPRESA ALSABE S.R.L.....	42
ANEXO 5. LEY DE MINERAL.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Operacionalización de variables	14
Tabla 2.Transformación estadística de componentes principales para la determinación de óxidos de hierro.	22

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Zonas de prioridad según la variable geología.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 2. Grafica de tendencias variable NSPT a 5.0 metros</i>	<i>23</i>
<i>Figura 3.Caracterización Estadística y Tabla de Control del Hierro (Fe).</i>	<i>23</i>
<i>Figura 4.Mapa de Anomalías por Cuencas</i>	<i>24</i>
<i>Figura 5. Histograma de la concentración de Caliza.</i>	<i>28</i>
<i>Figura 6. Método de Kriging.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 7. Método de Kriging Ordinario</i>	<i>29</i>
<i>Figura 8. Semivariograma usando el modelo Gaussiano.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 9. Semivariograma</i>	<i>31</i>
<i>Figura 10. Anisotropía.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 11.Tendencia lineal de la concentración de Caliza.</i>	<i>31</i>
<i>Figura 12. Distribución de acuerdo a la concentración de Caliza</i>	<i>32</i>
 <i>Anexo 1. Datos Obtenidos En Campo</i>	 <i>39</i>
<i>Anexo 2. Concesiones De La Empresa Alsabe S.R.L</i>	<i>40</i>
<i>Anexo 3. Resultados De La Concentración De Mineral.</i>	<i>41</i>
<i>Anexo 4. Mapa De Distribución Mineral En Las Concesiones De La Empresa Alsabe S.R.L</i> <i>.....</i>	<i>42</i>
<i>Anexo 5. Ley De Mineral.....</i>	<i>43</i>

RESUMEN

La aplicación de nuevas tecnologías emergentes en el análisis de información es cada día más palpable y tiene repercusiones que hasta ahora se están explorando en un sin número de áreas de ingeniería e investigación, es el caso de la Georeferenciación los cuales en las últimas décadas han abierto una nueva visión y operabilidad práctica para la toma de decisiones especialmente en el campo de la geoestadística. El objetivo percibido en el presente trabajo es analizar e interpretar Información Geológica Geológico mediante Georeferenciación de Petitorios Mineros. El proceso metodológico se inicia con Búsqueda de información, de las bases teóricas buscadas han sido seleccionadas 13 fuentes de información entre tesis, artículos y revistas de carácter científico de un cúmulo de 24, se han tomado las fuentes por tener una estructura explícita y clara; por el contrario, se excluido aquellos que no guardan tanta afinidad con el estudio, carecen de fundamento científico y en otros no se ha encontrado una metodología adecuada. En conclusión, el minucioso análisis e interpretación de la información geológica proporcionada por la Georeferenciación de Petitorios Mineros resultó ser muy valioso debido a que permitió definir el tipo de roca predominante en la zona abarcada por tales petitorios y su variografía minerológica

Palabras clave: Georeferenciación, Información Geológica, variografía.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Los recursos minerales son de gran importancia para todos los países del mundo, puesto que son materia prima para los procesos industriales, además que son necesarios para mantener el desarrollo de cada país. Los recursos minerales son no renovables, la única alternativa que nos queda es encontrar nuevos horizontes minerales, pero esta labor es considerada como ardua y compleja labor, que requiere de un buen conocimiento del yacimiento explotado, y de una adecuada y certera interpretación geológica, tal es así que una de las herramientas usadas para lograr evaluar la continuidad espacial es la georeferenciación, cartografiado y por medio imágenes satelitales.

La aplicación de nuevas tecnologías emergentes en el análisis de información geológica es cada día más palpable y tiene repercusiones que hasta ahora se están explorando en un sin número de áreas de ingeniería e investigación; es el caso de los sistemas de información geográfica (SG) usados para georeferenciar una zona de interés en las últimas décadas han abierto una nueva visión y operabilidad práctica para la toma de decisiones especialmente en el campo de la geoestadística y las superficies de estimación a partir de datos puntuales (Lodoño, Ramirez, Ramírez, & Ordoñez, 2010). Hasta la fecha, se vienen aplicando procedimientos simples de georeferenciación, de rectificación o algoritmos de ortorectificación, pero a la vez más costosos y lentos para corregir sus fotografías aéreas en grados variables para las deformaciones geométricas inducidas por el relieve topográfico, la inclinación del eje de la cámara y la distorsión de la óptica. Independientemente del método aplicado, la Georeferenciación de las imágenes se determina comúnmente con puntos de control en tierra, cuya medición e

identificación es una operación que consume poco tiempo, pero a menudo limita que ciertas imágenes se georeferencian con precisión. Además, se requieren software especializado, ciertas habilidades fotogramétricas y experiencia. Gracias a los avances recientes en los campos de la visión artificial y la fotogrametría, así como a las mejoras en la potencia de procesamiento, actualmente es posible generar ortofotos de fotografías aéreas grandes, casi al azar, de una manera directa y casi automática (Verhoeven, Doneus, Briese & Vermeulen, 2012).

La determinación de los parámetros de orientación exteriores (por ejemplo, la posición, la altitud de una imagen en el tiempo de exposición) es un requisito previo esencial para la evaluación de imágenes basadas en cualquier tipo de datos de fuentes terrestres, plataformas aéreas o satelitales. Ochochoque (2014) manifiesta que la Georeferenciación de imágenes satelitales se emplean en otros países para detectar la minería informal es una de las alternativas de solución a ser aplicada en el Perú, permitiendo así develar que la explotación informal o ilícita de oro y otros minerales. Los vehículos aéreos no tripulados a menudo recolectan una gran cantidad de imágenes cuando se mapea un área a una resolución ultra alta. Una técnica de georreferenciación directa elimina potencialmente la necesidad de puntos de control de tierra (Reshetyuk, 2009)

Tradicionalmente, en georeferenciación, esta tarea de orientación se resuelve indirectamente utilizando el conocido método de triangulación aérea (AT). Aunque la triangulación aérea fue esencialmente mejorada y ampliada a la llamada triangulación aérea automática (AAT) en los últimos años, el proceso de orientación aún sufre de una gran cantidad de edición interactiva y supervisión de operadores altamente calificados (Gramer, Stallmann & Haala, 2014).

La geomorfología de Cajamarca es el resultado de una serie de cambios que con el transcurrir del tiempo, proceso evolutivo y diversos procesos orogenéticos, han modelado una disposición de superficies (Vergara, 2017)

El presente trabajo busca evaluar el potencial geológico - minero en las áreas cercanas a la empresa ALSABE SRL, por medio un análisis de información geológico a partir de la georreferenciación trabajada en gabinete de las concesiones mineras existentes actualmente sin concesionar, además, evaluar las posibles expansiones de recursos minerales, tanto metálicos y no metálicos a raíz de las proyecciones cartográficas vistas desde imágenes satelitales y por medio de uso de softwares apropiados a tal fin (Google Earth, Geocadmin, ArcGis, principalmente) y finalmente se hará un análisis, descripción e interpretación de variables de la información obtenida con fines geológicos.

Antecedentes

Internacionales

Cárdenas, Carvallo, Dogman, Jphson y Hernández (2011) desarrollaron el tema de “Georeferenciación de datos obtenidos través de radio Eco-Sondaje al norte de la Península Antártica”, en la cual se presenta datos del trabajo realizado con GPS como complemento al trabajo de Radio Eco – Sondajes realizados en la Estación Base Chilena Bernardo O’Higgins y la montaña Jakenau al norte de la Península Antártica ($63^{\circ}19' S$, $57^{\circ} 51' W$), el objetivo principal fue georreferenciar la información correspondiente a la zona de grietas identificada mediante Radio Eco – Sondaje, utilizando GPS topográficos. Como resultados obtuvieron la topografía superficial y subglacial.

Nacionales

Muchaypiña (2013), en su Tesis “Geología y Prospección del Proyecto Dino Junin – Perú” buscó describir, interpretar y determinar las características geológicas del Proyecto Dino; el método desarrollado consistió en trabajos de campo y estudios mediante cartografiado geológico, geoquímica y geofísica IP. Con lo cual se determinaron varios targets exploratorios con ubicación de Feeders o Conductos de fluidos mineralizantes de ocho horizontes dolomitizados con importante potencial económico. En los cuatro niveles del proyecto Dino la ley promedio fue de 15.88 % Zn, 8.03 % Pb y 2 Oz7Tn Ag.

Regionales

Vergara (2017), sustenta que el estudio cartográfico y de unidades geomorfológicas tiene la finalidad de brindar un aporte para la elaboración de mapas de clasificación geomorfológica, zonificación geológicos, geomecánica; los cuales servirán como instrumento y documentos de consulta básicos para las autoridades y técnicos, así mismo para los pobladores del distrito de Jesús. Por ello, el interés geomorfológico, las formas de relieve son vías de conocimiento geológico en lo que respecta a las características estructurales, litológicas, el cual nos ayuda y entender más el comportamiento del terreno.

En el año 2017, Gamboa realizó un estudio “Caracterización Mineralógica de la Alteración en las Calizas de la Microcuenca del río Tres Ríos en el distrito de Cajamarca” cuyo objetivo percibido fue determinar las características espectrales del intemperismo de rocas calcáreas de las formaciones Chúlec, pariatambo y Yumagual, para ello se valió de mapeo espectral, imágenes satelitales multiespectrales del Satélite Landsat 7 y utilizó técnicas de tratamiento como el método de Crosta, desmezcla lineal

del espectro y mapeo espectral. Los resultados obtenidos fueron que las Calizas clásticas de la formación Yumagual y las margas ferruginosas de la formación Chúlec tienden a formar suelos tipo tierra rosa, por el contrario, las calizas no clásticas de las formaciones Pariatambo y Yumagual tienden a formar calcretas. Este estudio se ha tomado porque evidencia la determinación de la existencia de roca Caliza en sus diferentes formaciones, además de que el presente estudio se centra en una mina no metálica dedicada a la explotación de caliza para la producción de cal.

Chuquiruna (2017), en “Estudio geológico y evaluación geoeconómica de las vetas Angelica y Diana para la apertura de nivel 1950 proyecto Los Pircos - Santa Cruz – Cajamarca” buscó determinar la factibilidad de apertura del nivel 1950 en el proyecto Los Pircos, para lo cual se realizaron trabajos como cartografiado geológico, muestreos de canales, perforaciones diamantinas con PackSack y muestreos de testigos. Los resultados fueron que existe un potencial de 23.64 gr Au/Tn y 15.33 Oz Ag/Tn, por tanto, el nivel 1950 resultó ser factible. Este estudio se ha elegido porque en sus resultados enmarca la determinación del potencial del mineral, y la factibilidad del proyecto, comparado al trabajo de investigación uno de los objetivos en determinar la existencia de caliza, inferir su reserva y su potencial con lo cual se puede determinar la variografía de la zona; asimismo analizar la viabilidad en función a la geología que presente.

1.2. Formulación del problema

¿Qué importancia tiene la Georeferenciación en el análisis de información Geológica en la Empresa Minera Alsabe S.R.L, Bambamarca - Cajamarca, 2019?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Análizar la Información Geológica mediante Georeferenciación, Empresa Minera Alsabe S.R.L, Bambamarca - Cajamarca.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar los aspectos geológicos de áreas concesionadas y no concesionadas.
- Evaluar el potencial mineral a partir de la información obtenida de la Georeferenciación.
- Analizar el comportamiento espacial de los recursos minerales existentes.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Con la Georeferenciación en la Empresa Alsabe S.R.L. sí se obtendrá información valiosa de la zona de interés para su posterior análisis e interpretación geológica, lo cual permitirá inferir la existencia de concentraciones minerales.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Con la información geológica se deducirá la geoquímica, alteraciones, fallas existentes en la zona de estudio.
- Con la Georeferenciación realizada sí se podrá evaluar el potencial mineral, con lo cual se tendrá una referencia de las reservas minables.
- Se obtendrá el comportamiento espacial por medio de un variograma estadístico, tomado en diferentes puntos y distancias.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Tabla 1.
Operacionalización de variables.

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Georeferenciación de Petitorios Mineros	Es una operación que tiene como objetivo georeferenciar o dotar de coordenadas geográficas a un mapa escaneado, una ortofotografía digital, o una capa raster mal geo referenciada.	Herramienta de control	SIG
		Proyecciones	Coordenadas UTM
		Imágenes Satelitales	GIS
		Concesiones Mineras	Localización
		Funciones de Transformación	Cantidad
Análisis de Información Geográfica	Proceso de interpretar las representaciones simbolizadas y proyectadas de los diferentes tipos de materiales y rocas que afloran en la superficie terrestre, expresando su geometría, su disposición en el espacio y su cronología. Con los cuales se elaboran estudios para caracterizar la litología, petrografía, estratigrafía y	Posición en el espacio	Dirección
			Geometría
			Altitud
			Latitud
		Depósitos minerales	Tipo de mineral
		Fallas Geológicas	Rumbo
			Buzamiento
		Petrografía	Tipo de roca
		Estructura de rocas	Alteraciones
			Afloramientos
		Edad	Años
		Modelización	2D

estructura de los
materiales.

3D

2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es de carácter Teórico – Descriptivo, porque se está tomando fuentes de información que han sido desarrolladas por investigadores años atrás, que gracias al descubrimiento de nuevas y con su aporte han enriquecido el conocimiento de los futuros profesionales. Básicamente se ha buscado archivos que contengan información relacionado al tema que se está desarrollando, tomando la información de fuentes diferentes online; con lo cual se está asimilando con fines descriptivos referente a la importancia de la georeferenciación en estos últimos tiempos. Así mismo, durante el desarrollo del proyecto se caracterizan las unidades geológicas, proyecciones cartográficas a partir la georeferenciación de concesiones mineras del departamento de Cajamarca (Gamboa, 2015).

Según su diseño es una investigación **no experimental - transversal** porque no se hace variar intencionalmente la variable independiente, lo que se hace es observar fenómenos tal y como se dan en un tiempo determinado y en su contexto natural, para después ser analizados. En este caso se visualizarán y georeferenciarán las zonas de interés que pertenezcan a los petitorios viables, posteriormente serán analizadas y se hará la interpretación respectiva con fines exploratorios (Ochochoque, 2015).

2.2. Población y muestra

2.2.1 Población

5 petitorios mineros de la Empresa Minera Alsabe S.R.L en la provincia de Bambamarca, departamento Cajamarca.

2.2.2 Muestra

2 petitorios mineros de la Empresa Minera Alsabe S.R.L en la provincia de Bambamarca, departamento Cajamarca.

La información extraída ha sido de diferentes fuentes de información tales como tesis, artículos y revistas canalizadas de Scielo, Consitec, Alicia.net, Science Direct, etc. Con las herramientas y técnicas se evaluó las zonas de estudio para su posterior análisis geológico.

La evaluación que se realizará se basa en el reconocimiento geológico de los tipos de uso de la tierra, tomando como referencia el sistema de clasificación de uso de tierras propuesta por la Unión Geográfica Internacional (UGI) (Yacra & Vilca, 2016)

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

En el presente estudio se ha utilizado el Método del Análisis Geomorfológico, el cual toma en cuenta parámetros morfogenéticos, morfométricos y morfodinámicos. Consistirá en delimitar las unidades geomorfológicas mediante la técnica de interpretación de la imagen satelital Landsat y del análisis de información bibliográfica y cartográfica existente; además se utilizó como referencia el mapa Geomorfológico elaborado por el INGEMMET en el año 2017.

Técnicas:

Observación directa: toma de datos in situ con GPS, Brújula, toma de muestras (Instrumento: Fichas de Campo).

Observación indirecta: investigaciones de carácter similar, referentes a la explotación de caliza en proyectos mineros no metálicos aledaños (Instrumento: Fichas de Laboratorio).

Materiales

Carta nacional de petitorios mineros.

Mapa geológico de la zona de interés.

GPS

Herramientas técnicas (ordenador) usadas son

- Geocatmin
- Sidemcat
- Google Earth
- Google Mapper
- ArcGis
- AutoCad

Instrumento de evaluación

Formatos de petitorio mineros.

Fichas técnicas.

2.4. Procedimiento

Para el desarrollo de las actividades se realizan los siguientes pasos comprendidos en cuatro etapas:

- **La primera etapa:** búsqueda de información, de las bases tóricas buscadas en: Science direct, Scielo, Google académico, Cybertesis, Alicia.net, Redalyc, se han obtenido un total de 24 entre artículos científicos, revistas científicas, papers, tesis, informes, conferencias virtuales, videos. Aplicando el método de **inclusión** han sido seleccionadas 13 fuentes de información cuyo tema de desarrollo es similar a la presente información, en función a palabras a las palabras claves: Georeferenciación y información geológica, han sido seleccionados los contenidos que presentan una buena estructura, sus resultados son coherentes, los

que tienen un avance tecnológico

aplicado en países desarrollados como china, Australia. En el proceso de exclusión se han eliminado los tenores que tienen una antigüedad mayor a diez años al presente año, las publicaciones restringidas por derechos de autor, otros porque tienen un costo para poder obtener el artículo completo.

- **La segunda etapa:** trabajo de campo, mediante observación en campo se determinará las unidades geomorfológicas (Concesiones) a estudiar, en las cuales se tomarán las coordenadas (este, norte y altitud) y la ubicación de la zona con GPS garmin.
- **La tercera etapa:** gabinete, uso de ArcGis, Geocatmin para representación espacial de la zona de interés, para su posterior cartografiado, análisis e interpretación respectiva, entre otras herramientas se hacen mención a: Geocatmin, Google Earth y Google Mapper.

En esta etapa también se determinará las concesiones mineras a evaluar con el nivel de estudio dentro de la zona de interés a escala de 1:10000; se usará la carta nacional, para delimitar unidades geomorfológicas, relieves a diferentes niveles de altitud a que se encuentran la población estudiada.

- **La cuarta etapa:** redacción del informe, se seguirán los lineamientos del formato brindado por la Universidad Privada del Norte.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

En la investigación centrada en las Vetas Angélica y Diana, de las cuales mediante cartografiado geológico, interpretaciones geológicas, estudio geoeconómico, muestreos sistemáticos y análisis de muestras; se ha podido determinar que el proyecto Los Pircos necesita la apertura del nivel 1950 ya que se ha comprobado que la mineralización de las vetas continua a profundidad, y por lo tanto es imperativo abrir éste nivel para continuar con la explotación del yacimiento y extender la vida útil, así mismo se han registrado estructuras que presentan leyes por encima de 17 grAu/Tn, por lo que es necesario seguir con su exploración, y con la ayuda de la apertura del nuevo nivel seguir con su extracción (Sánchez, 2017).

Con imágenes satelitales (Landsat y Sentinel) y procesamiento en nube con Google Earth Engine se logró la identificación de manera indirecta la localización en zonas de laboreo mediante mapas y el avance de la explotación minera. Los resultados muestran una pérdida de bosque amazónico por causa de la minería en más de 33 km² en el periodo de 1990 a 2016, en los últimos tres años la minería informal afecto más el medio ambiente llegando a deforestar una extensión de más de 193 km² de la amazonia del área de estudio (Ochochoque, 2014, pp. 73).

Mediante la aplicación de las técnicas de Teledetección espacial se identificó el avance de la explotación minera en el periodo de 1990 a 2016 cada 5 años, en el centro poblado de Malenowski, Distrito de Mazuco, Región Madre de Dios. Utilización de imágenes de satélite siendo así muy efectiva y aplicable en estudios de cambios de cobertura (Vergara, 2017, pp.81).

El cartografiado geológico estructural y la correlación de los miembros estratigráficos

y demás estudios realizados, indicaron la zona

de estudio como una posible presencia de un importante potencial aurífero, por explorar (Vilcapoma, 2014, pp. 86).

Con la información recopilada, a nivel de gabinete y de campo, se procesó los datos mediante herramientas específicas del ArcGis; así mismo sobre el mapa preliminar, se realizó algunos ajustes a la cartografía considerando la información recogida en los trabajos de campo y adicionando algunos aportes de especialistas en el tema así como de la lectura de la información bibliográfica; luego se acondicionó la respectiva base de datos en el cual se consideró un campo donde se detalla los procesos morfodinámicos; quedando de esta manera elaborada el mapa geomorfológico (Vergara, 2017, pp. 81).

Con el cartografiado geológico, el muestreo geoquímico y la geofísica se determinó la existencia de ocho horizontes con potencial de mineralización, que son las siguientes: Fantasía, Astucia, Misterio, Dino 3, Dino 2, Dino 1, BP y BP Roof; de las cuales los horizontes Astucia y Dino 1 tienen mineralización que aflora en superficie (Muchaypiña, 2013, pp.83).

La descripción microscópica para muestras de roca calcárea obtenidas al analizar la imagen Landsat 7 comprueba la existencia de óxidos de hierro con rasgos amorfos impregnados en relictos de cutanes de arcilla y pseudomorfizados en la masa basal que constituye la matriz del suelo (Gamboa, 2015, pp. 105).

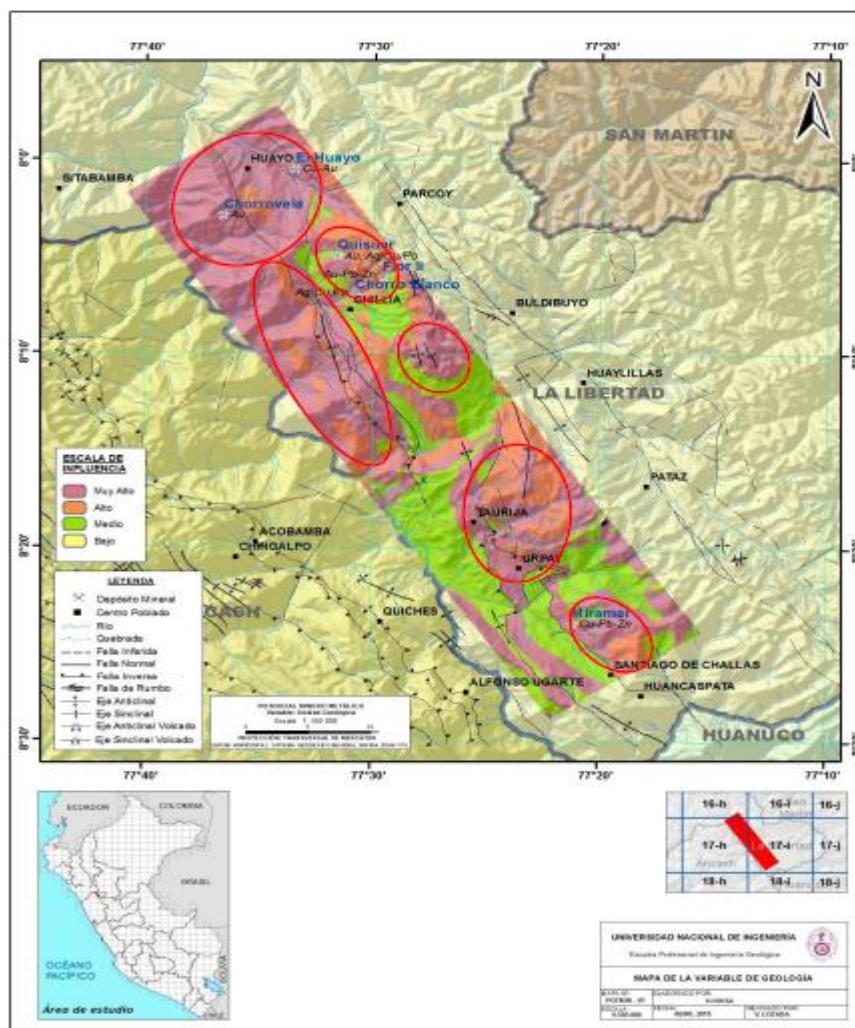


Figura 1: Zonas de prioridad según la variable geología.

Fuente: Lozada (2016), pp.114

El mapa de isovalores de Pb, muestra la tendencia hacia el norte, además de acentuar el aumento de la anomalía hacia el sur del tajo de explotación, cosa que también se puede ver en el plano de Ag. Se infiere que hay una fuerte relación entre el Ag-Pb, por lo cual con las anomalías combinadas de estos dos elementos podemos vectorizar mejor las muestras para una posterior campaña (Velarde, 2012, pp. 85)

A partir de georeferenciar 16 puntos en una distancia aproximada de 3 Km en la base O'Higgins se determinó la zona de grietas localizada en el tramo que va desde la base a la pista de anevizaje (Cárdenas, Carvallo, Dogman, Jphson, & Hernández, 2011, pp. 94).

Tabla 2.

Transformación estadística de componentes principales para la determinación de óxidos de hierro.

COMPONENTES	% DE VARIANZA	BAND1	BAND3	BAND4	BAND7
CP1	77.24	0.321085	0.477974	0.609079	0.545406
CP2	0.7	0.002478	-0.05466	-0.642693	0.764167
CP3	0.20	0.419947	0.7000458	-0.464722	-0.342107
CP4	0.09	0.848848	-0.527174	0.001396	-0.039287

Fuente: Infante (2014), pp.59

La Tabla 2 describe la transformación de componentes principales de las bandas 3, 4, y 5 y de la magnitud y signo de los vectores característicos se tiene que la componente principal 1 (CP 1) presenta vectores característicos negativos en todas las bandas con un 86.106 % de la varianza de los datos, por lo que el inverso de esta componente representa el albedo y la topografía de las bandas ingresadas. Las magnitudes de los vectores característicos de la componente principal 2 (CP2) indican que dicha componente representa a los minerales ferrosos debido al valor positivo de 76.41 % del vector característico de la banda 7 donde reflejan todos estos minerales, sobre el 64.26 % con signo negativo en la banda 4 de absorción de dichos minerales. El signo positivo indica que los pixeles influenciados por los minerales ferrosos aparecerán brillantes.

Las técnicas geológicas utilizadas con buen criterio en la Georeferenciación a diferentes escalas de la litología, estructural, mineralización, alteraciones y estudios geofísicos IP, permitieron elaborar la exploración del sector de Clarita –Seductora en el yacimiento aurífero de Santa Rosa, un adecuado programa de perforación Diamantina y RCD, con métodos importantes en la ubicación de nuevas reservas y recursos minerales (Vilcapoma, 2014, pp.67)

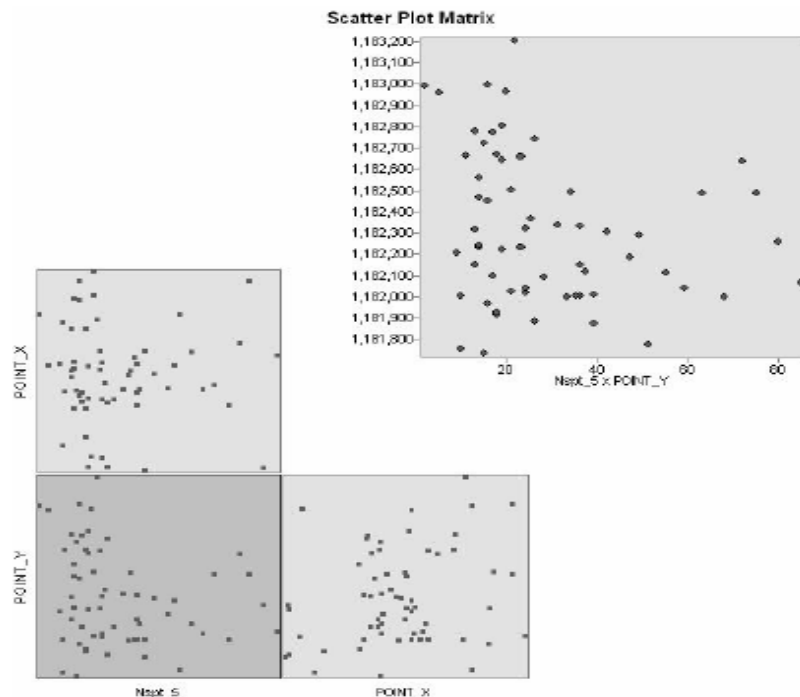


Figura 2. Grafica de tendencias variable NSPT a 5.0 metros

Fuente: Libardo (2010), pp.4

Se muestra el grafico de dispersión para la variable NSPT a 5.0 metros, en el cual es clara la ausencia de tendencias.

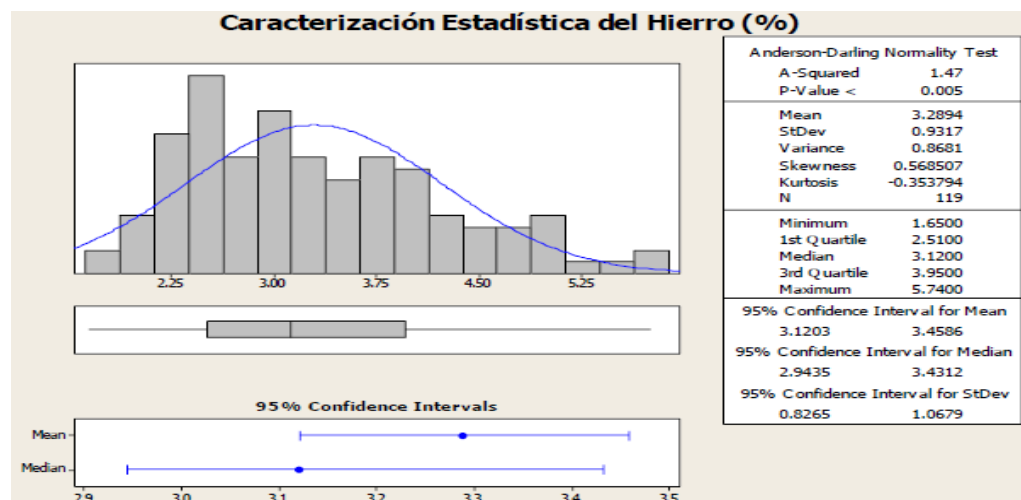


Figura 3. Caracterización Estadística y Tabla de Control del Hierro (Fe).

Fuente: Lozada (2014), pp.38

Se observa que el hierro fue un elemento que presentó un comportamiento normal sin valores erráticos.

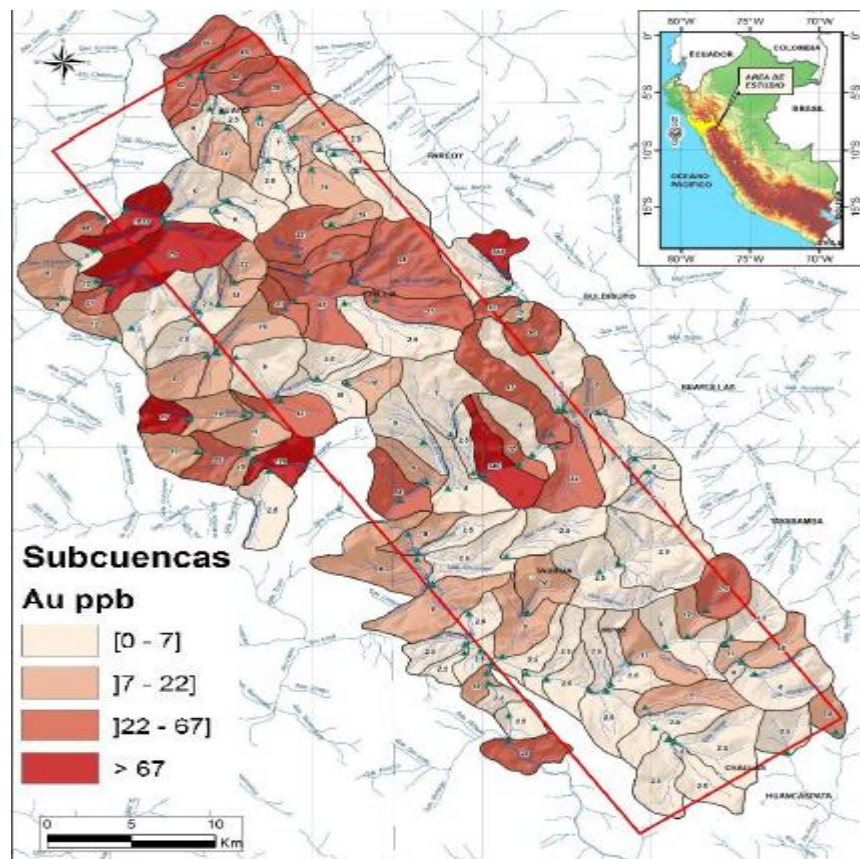


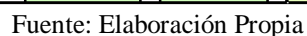
Figura 4. Mapa de Anomalías por Cuencas

Fuente: Lozada (2014), pp.54

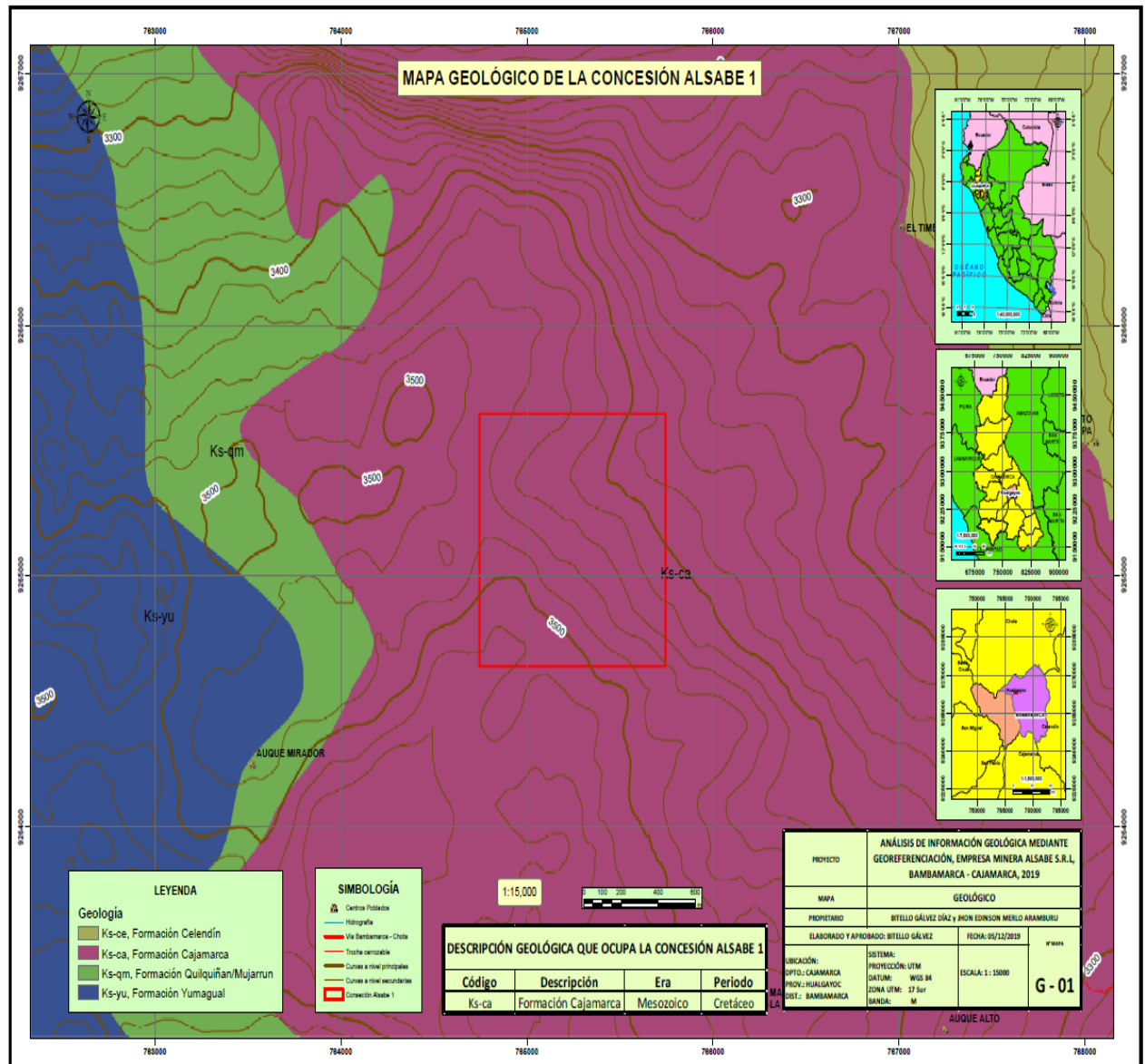
Se muestra las concentraciones de oro que van desde 0ppb hasta mayor de 67 ppb.

Herramientas usadas: Excel, ArcGis, geocadmin y Google Earth.

1. Georeferenciación de la zona.



2. Información Geológica.



Fuente: Elaboración Propia



Gálvez Díaz B.; Merlo Aramburu J.

3. Distribución espacial de la concentración

de Caliza por medio de Variogramas, los datos de concentración o ley mineral se muestran en el ANEXO 3.

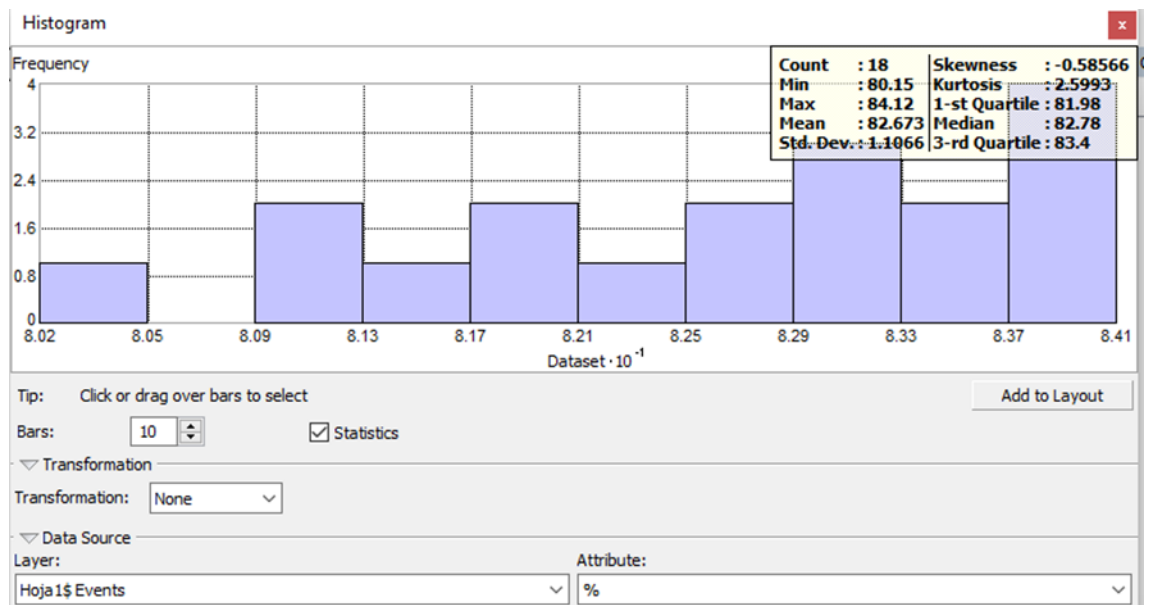


Figura 5. Histograma de la concentración de Caliza.

Fuente: Elaboración Propia.

Methods	Input Data
<input checked="" type="checkbox"/> Deterministic methods Inverse Distance Weighting Global Polynomial Interpolation Radial Basis Functions Local Polynomial Interpolation	<input checked="" type="checkbox"/> Dataset Source Dataset: Hoja1\$ Events Data Field: %
<input checked="" type="checkbox"/> Geostatistical methods Kriging / CoKriging Areal Interpolation Empirical Bayesian Kriging	<input checked="" type="checkbox"/> Dataset 2 Source Dataset: <none>
<input checked="" type="checkbox"/> Interpolation with barriers Kernel Smoothing Diffusion Kernel	<input checked="" type="checkbox"/> Dataset 3 Source Dataset: <none>
	<input checked="" type="checkbox"/> Dataset 4 Source Dataset: <none>

Kriging / CoKriging

Kriging is an interpolator that can be exact or smoothed depending on the measurement error model. It is very flexible and allows you to investigate graphs of spatial auto- and cross-correlation. Kriging uses statistical models that allow a variety of output surfaces including predictions, prediction standard errors, probability and quantile. The flexibility of kriging can require a lot of decision-making. Kriging assumes the data come from a stationary stochastic process, and some methods assume

[About Kriging / CoKriging](#)

< Back Next > Finish **Cancel**

Figura 6. Método de Kriging

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se presenta el modelo de Kriging para estimar el semivariograma de las concentraciones de Caliza.

Kriging Type <input checked="" type="radio"/> Ordinary <input type="radio"/> Simple <input type="radio"/> Universal <input type="radio"/> Indicator <input type="radio"/> Probability <input type="radio"/> Disjunctive	<input checked="" type="checkbox"/> Dataset #1 Transformation type: None Order of trend removal: None
Output Surface Type <input checked="" type="radio"/> Prediction <input type="radio"/> Quantile <input type="radio"/> Probability <input type="radio"/> Prediction Standard Error	Transformation type <more> Using transformations makes variances more constant throughout your study area and the data closer to being normally distributed.

< Back **Next >** Finish Cancel

Figura 7. Método de Kriging Ordinario

Fuente: Elaboración Propia

Se muestra el Kriging de tipo Ordinario, para predecir la distribución mineral dentro de la zona muestreada e inferir el área de influencia.

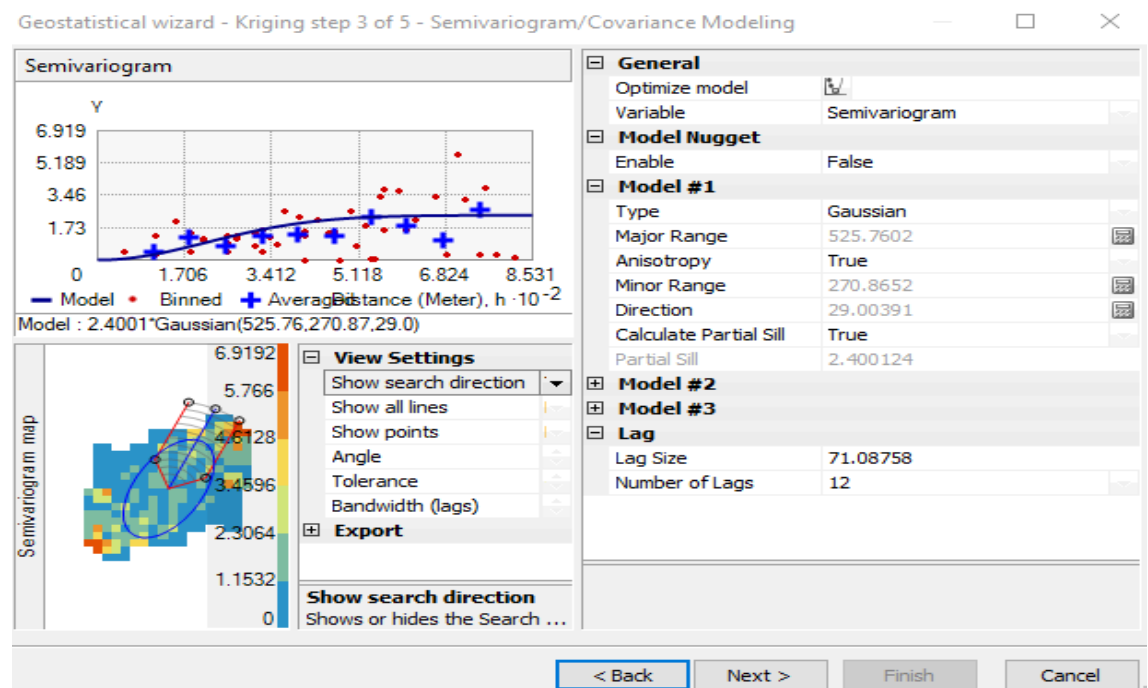
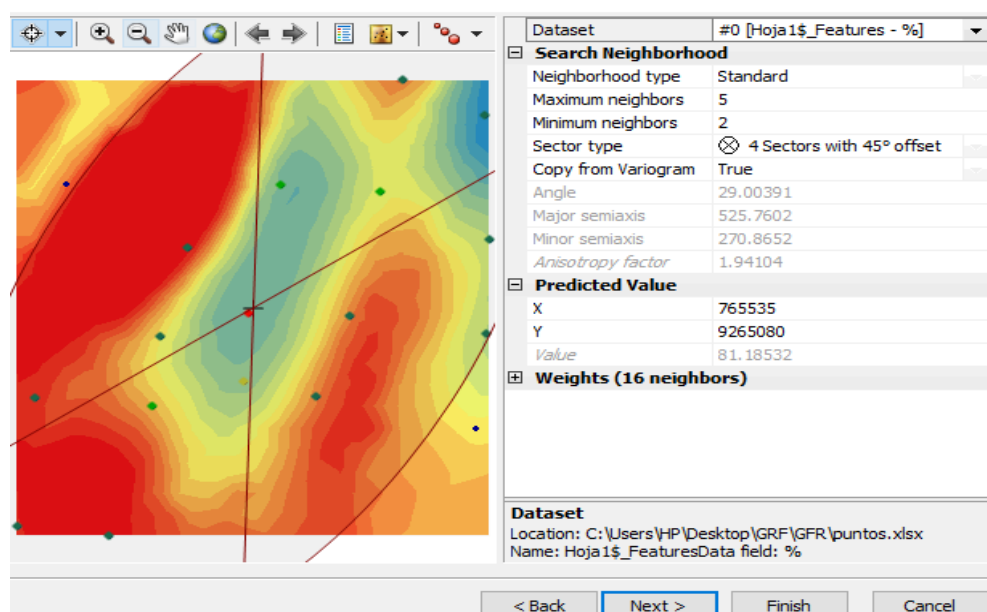


Figura 8. Semivariograma usando el modelo Gaussiano

Fuente: Elaboración Propia

Se muestra el VARIOGRAMA/semivariograma mediante el modelo matemático GAUSIANO usado para la estimación y la anisotropía en dirección NORESTE.



Fuente: Elaboración Propia.

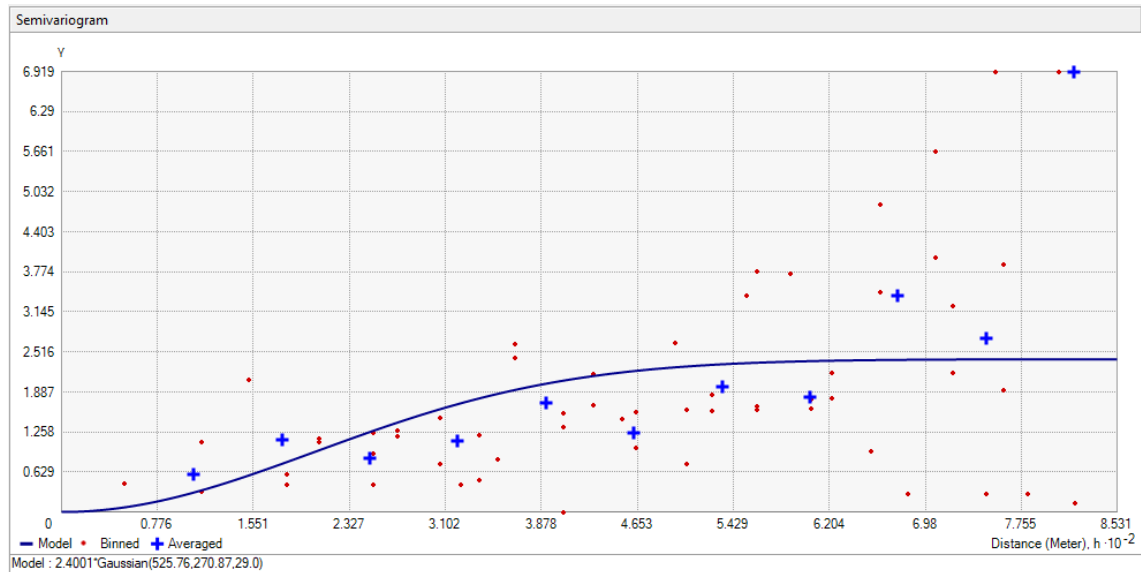


Figura 9. Semivariograma

Fuente: Elaboración Propia

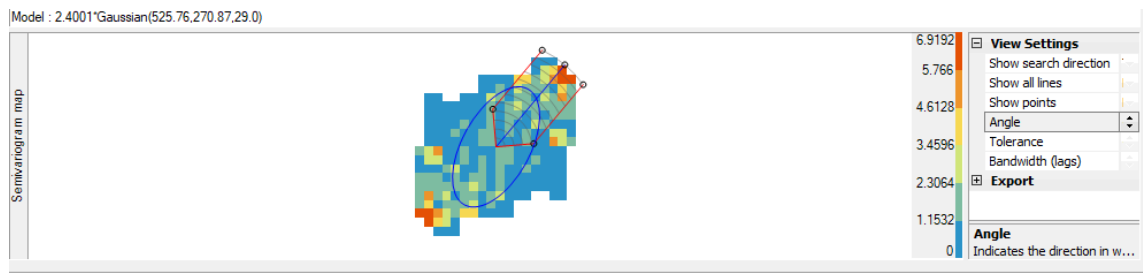


Figura 10. Anisotropía

Fuente: Elaboración Propia

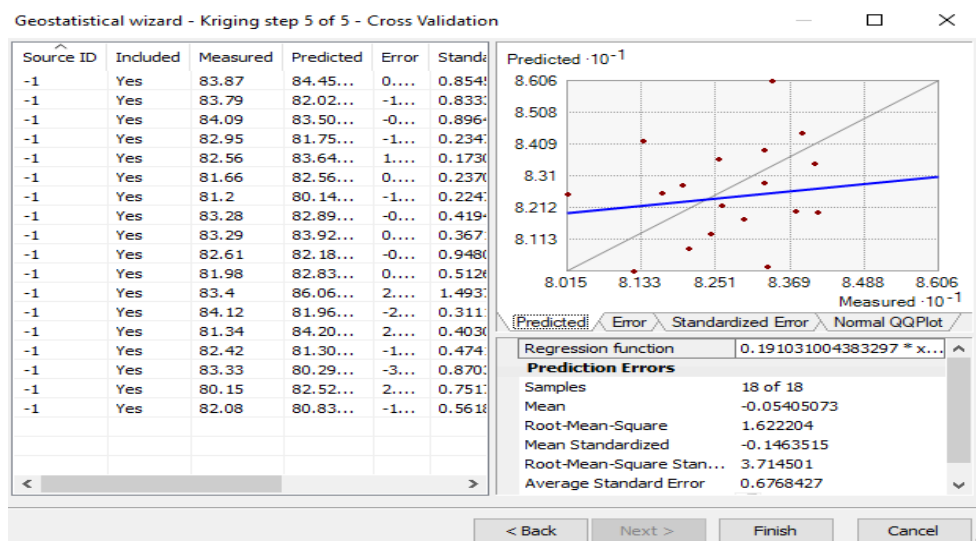


Figura 11. Tendencia lineal de la concentración de Caliza.

Fuente: Elaboración Propia

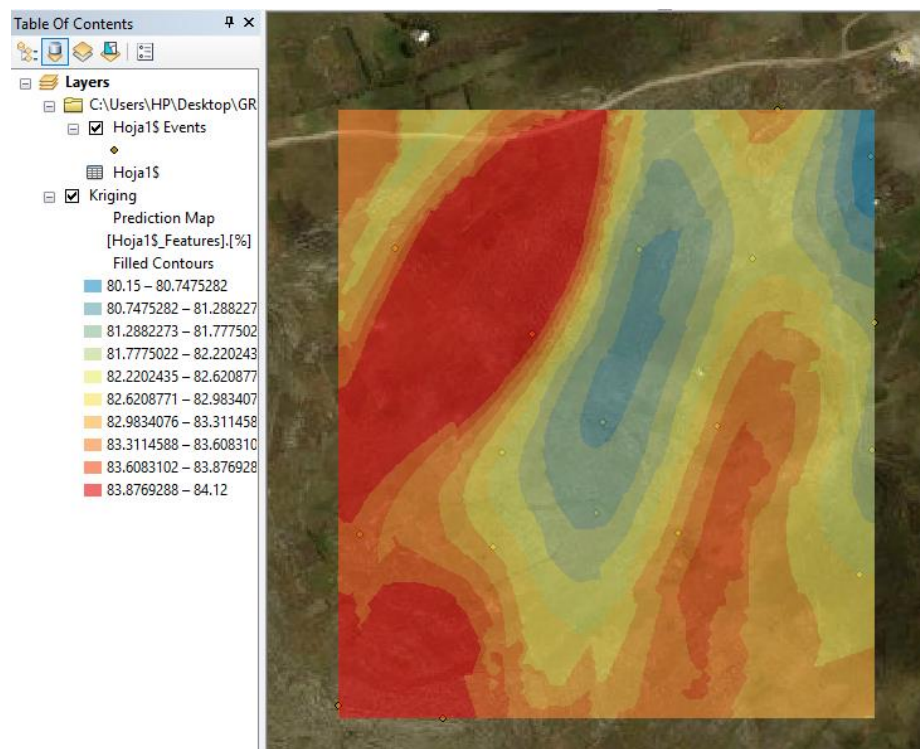


Figura 12. Distribución de acuerdo a la concentración de Caliza

Fuente: Elaboración Propia

Se presenta la distribución espacial de los puntos de muestreo, donde indica que el color rojo es mejor ley y el color azul es de menor ley.

Con los resultados obtenidos se manifiesta que la dirección de la variografía y anisotropía de la ley mineral es al NORESTE.

CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

4.1. Discusión

Con los resultados obtenidos se infiere que la Georeferenciación es muy importante para el análisis de información Geológica en los Petitorios Mineros de la Empresa Minera Alsabe S.R.L, Bambamarca – Cajamarca, gracias a ello, sí se obtuvo información valiosa de la zona de interés para el análisis e interpretación geológica, lo cual permitió inferir la existencia de concentraciones minerales.

De acuerdo a la geología de la zona, se observa que la caliza abundante en la zona es de la formación Chota, las cuales se caracterizan por su color azul. Además, de acuerdo al gráfico de la figura 5 se tiene una media de 82.78% de concentración de Caliza, una desviación estándar de 1.1066.

La variografía (procesada mediante herramientas específicas del ArcGis, usando el modelo Matemático Gaussiano, y el método de estimación de Kriging Ordinario, Figura 8) de la concentración de caliza está en una dirección Noreste, cuyas concentraciones indican que son mayores al 89% de carbonato de calcio, esto se debe a que la geología ha favorecido que las reservas se centren en el lugar lo cual indica una dirección similar de la formación chota, la cual teóricamente presenta buenas leyes minerales. Con esto, se plantea la propuesta de ejercer las operaciones siguiendo la dirección de mayor concentración.

De acuerdo a los resultados presentados la georeferenciación es una base para establecer una geología referencial de un lugar en específico; a raíz de ello facilita la inducción de formaciones geológicas para su posterior análisis e interpretación, a la vez de facilitar estudios geoeconómicos, y con la ayuda de muestreos se determina una variografía espacial del potencial existente. En el presente estudio se pudo identificar

áreas concesionadas y libres usando como herramienta el Geodamin gracias a la Carta Nacional, la geoquímica y al muestreo se ha logrado determinar que estas zonas presentan con una gran reserva de Caliza, perteneciente a la formación Chota, estas se han enmarcado por una caliza de color azul, la cual indica una buena concentración mineral. En comparación Sánchez (2017) realizó su artículo de carácter científico para determinar la continuidad mineral de veta, gracias a ello obtuvo variables geológicas, geoeconómicas y sobre todo la apertura de un nuevo nivel para la extracción de oro. Con las herramientas técnicas se ha logrado determinar de manera indirecta la posible existencia de Caliza con buen potencial, localización de las zonas de muestreo por medio puntos específicos, fallas geológicas, sinclinales y anticlinales, de mapeos; además también para poder determinar los inicios de nuevas operaciones mineras y continuar con algunas que se vienen ejecutando en la empresa Alsabe. Otro punto a favor de la georeferenciación es la inferencia de lugares donde se puede realizar actividades mineras, lugares donde se restringe la minería; gracias a los avances con que cuenta la herramienta técnica libre GEOCADMIN, el cual es un ordenador que permite visualizar múltiples aspectos geológicos, geoquímicos, carta nacional, etc. Como referencia se cita a Ochochoque (2014) quien por medio de georeferenciación con imágenes Landsat y Sentinel pudo identificar la extinción y pérdida de un gran sector de bosque amazónico producto de las operaciones mineras si se extiende las actividades tanto de exploración y de explotación. Al respecto Muchypita (2013) también determinó ocho horizontes con potencial de mineralización.

4.2. Conclusiones

El minucioso análisis e interpretación de la información geológica proporcionada por la Georreferenciación de Petitorios Mineros en Cajamarca resultó ser muy valioso debido a que permitió definir el tipo de roca predominante en la zona abarcada por tales petitorios.

Por medio del Cartografiado de los Petitorios Mineros ubicados en la zona de interés se determinó que la Zona 17 que atraviesa la región Cajamarca presenta un territorio más fallado, esto indica la posible concentración de riqueza mineral y de posibles yacimientos minerales.

Al analizar parámetros geológicos como la Variografía de una zona, se determinó que la continuidad espacial de la zona evaluada está en dirección Noreste, paralela a la formación Farrat y Chúlec. Se presencia la existencia de planicies de arcilla, y Sinclinales del cuaternario.

Respecto al análisis geológico, el tema variográfico se observa que para los datos del ensayo SPT lo semivariogramas que más se acercan a modelar el fenómeno subyacente en la zona en estudio son el JBesell y Hole effect. siendo el Hole Effect el que mejor modelo los datos de SPT a 5.0 metros, en este caso se puede establecer que el fenómeno presente en la zona posee una componente periódica o cuasi periódica (Londoño, Ramírez, Ramírez y Ordoñez, 2010).

RECOMENDACIONES

A las personas dedicadas al rubro minero, lean el presente trabajo para poder tomar como antecedente, profundicen el tema y contribuyan a mejorar los estudios enfocados a la Georeferenciación, con fines geológicos y de predicciones mineralógicas.

A los investigadores futuros que ahonden un poco más el tema, para que puedan tomar mejores decisiones, realizar ensayos tanto en cantidad y calidad de tal modo que se obtenga resultados más eficaces, para poder realizar trabajos con mayor exactitud.

A la Universidad Privada del Norte publique de manera virtual mediante su página web la presente investigación para que sea base de las investigaciones venideras, con el fin de contribuir al desarrollo minero, en especial a desarrollar una minería sostenible.

REFERENCIAS

- Cárdenas, C., Carvallo, R., Dogman, C., Jphson, E., & Hernández, J. (2011). *Georeferenciación de Datos Obtenidos a Través de Radio Eco-Sondaje al Norte de la Península Antártica*. Chile: Anales Instituto Patagonia. Recuperado el 12 de Junio de 2018 , de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718686X2011000200007&lng=es&nrm=iso
- Gamboa, L. (2015). *Caracterización Mineralógica de la Alteración en las Calizas de la Microcuenca del Río Tres Ríos en el Distrito de Cajamarca*. (Tesis de Titulación). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Gramer, M., Stallmann, D., & Haala, N. (2014). *Direct Georeferencing Using GPS/Inertial Exterior Orientations for*. Recuperado el 05 de Mayo de 2018, de http://www.isprs.org/proceedings/XXXIII/congress/part3/198_XXXIII-part3.pdf
- Lodoño, L., Ramirez, J., Ramírez, G., & Ordoñez, C. (2010). *Spatial Interpolation Model Using Geographic Information System To Study The Spatial Variability Of The Resistance To Penetration Of Soil*. Dyna. Medellin, colombia. Recuperado el 03 de 05 de 2018, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S001273532010000400012
- Muchaypiña, R. (2013). *Geología y Prospección del Proyecto Dino Junin – Perú*. (Tesis de suficiencia). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Ochochoque, J. (2014). *Aplicación de la Teledetección en el avance de la Explotación Minera, centro poblado de Melenowski, Distrito de Mazueco, Región de Madre de Dios*. (Tesis de Titulación). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Reshetyuk. (2009). *Self-calibration and direct georeferencing in terrestrial laser scanning*. (Tesis de doctorado).Royal Institute of Technology (KTH) Department of Transport and Economics, Estocolmo, Suecia.
- Sánchez, A. (2017). *Estudio geológico y evaluación geoeconómica de las vetas Angelica y Diana para la apertura de nivel 1950 proyecto Los Pircos - Santa Cruz - Cajamarca*. (Tesis de Titulación). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Velarde, M. (2012). *Prospección Geológica y Geoquímica del diseminado Polimetálico Huiac – La Merced – Aija – Ancash*. (Tesis de Titulación). Universidad Nacioanal de Ingeniería, Lima, Perú.

- Vergara, M. (2017). *Caracterización de la Unidades Geomorfológicas en el distrito de Jesus, Cajamarca*. (Tesis de Titulación). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Verhoeven, G., Doneus, M., Briese, C., & Vermeulen, F. (2012). *Mapping by matching: a computer vision-based approach to fast and accurate georeferencing of archaeological aerial photographs*. *Journal of Archaeological Science*. Science. Recuperado el 02 de 05 de 2018, de Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305440312000866>
- Vilcapoma, L. (2014). *Criterios técnicos geológicos para la elaboración del programa de Perforación entre los Tajos Clarrita- Seductora del yacimiento Aurífero Santa Rosa – La Libertad*. (Tesis de Titulación). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Yacra, M., & Vilca, V. (2016). *Microzonificación Edafoagrostológica con Aplicación del SIG de la microcuenca de Viluyo – Zona Media – Puno*. (Tesis de Titulación). Universidad del Altiplano, Puno, Perú.

ANEXOS

ANEXO 1. DATOS OBTENIDOS EN CAMPO

CÓDIGO DE MUESTRA	TIPO DE ROCA	COORDENADAS		
		ESTE (X)	NORTE (Y)	ALTURA (Z)
MCAL1	Caliza	765714	9265400	3452
MCAL2	Caliza	765688	9265244	3497
MCAL3	Caliza	765651	9265068	3495
MCAL4	Caliza	765610	9264955	3442
MCAL5	Caliza	765531	9265072	3445
MCAL6	Caliza	765569	9265253	3491
MCAL7	Caliza	765524	9264976	3452
MCAL8	Caliza	765416	9264941	3471
MCAL9	Caliza	765425	9265040	3457
MCAL10	Caliza	765457	9265164	3438
MCAL11	Caliza	765363	9264760	3515
MCAL12	Caliza	765253	9264774	3505
MCAL13	Caliza	765275	9264954	3483
MCAL14	Caliza	765312	9265254	3439
MCAL15	Caliza	765800	9264911	3409
MCAL16	Caliza	765817	9265176	3405
MCAL17	Caliza	765812	9265351	3385
MCAL18	Caliza	765814	9265043	3391

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 2. CONCESIONES DE LA EMPRESA ALSABE S.R.L

CÓDIGO DE PETITORIO	TIPO DE ROCA	COORDENADAS			ÁREA (Ha)	ESTADO DEL PETITORIO	TIPO DE MINERAL
		ESTE (X)	NORTE (Y)	ALTURA (Z)			
560002613	Caliza	765890	9265324	3368	100	En trámite	No metálico
030004011	Caliza	765561	9265341	3396	100	Titulada	No metálico

Elaboración Propia

Estado de petitorio minero: a) En trámite, b) Titulado, c) Vencido, d) No concesionado; Tipo de mineral: 1) Metálico, 2)

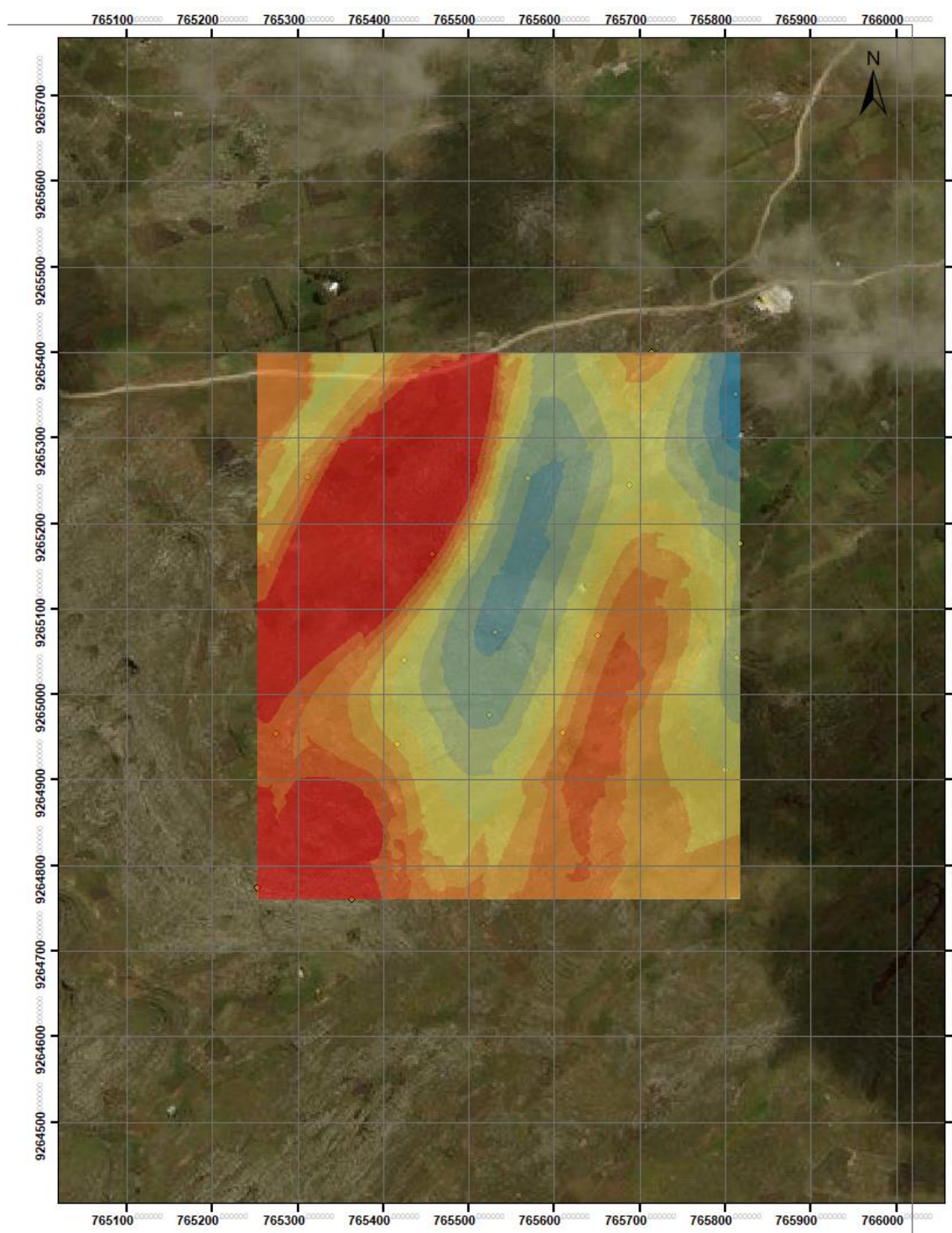
No metálico

ANEXO 3. RESULTADOS DE LA CONCENTRACIÓN DE MINERAL.

CÓDIGO DE MUESTRA	TIPO DE ROCA	COORDENADAS			CONCENTRACIÓN
		ESTE (X)	NORTE (Y)	ALTURA (Z)	MINERAL (%)
MCAL1	Caliza	765714	9265400	3452	83.33
MCAL2	Caliza	765688	9265244	3497	82.42
MCAL3	Caliza	765651	9265068	3495	83.29
MCAL4	Caliza	765610	9264955	3442	83.28
MCAL5	Caliza	765531	9265072	3445	81.20
MCAL6	Caliza	765569	9265253	3491	81.34
MCAL7	Caliza	765524	9264976	3452	81.66
MCAL8	Caliza	765416	9264941	3471	82.95
MCAL9	Caliza	765425	9265040	3457	82.56
MCAL10	Caliza	765457	9265164	3438	84.12
MCAL11	Caliza	765363	9264760	3515	84.09
MCAL12	Caliza	765253	9264774	3505	83.87
MCAL13	Caliza	765275	9264954	3483	83.79
MCAL14	Caliza	765312	9265254	3439	83.4
MCAL15	Caliza	765800	9264911	3409	82.61
MCAL16	Caliza	765817	9265176	3405	82.08
MCAL17	Caliza	765812	9265351	3385	80.15
MCAL18	Caliza	765814	9265043	3391	81.98

Elaboración Propia

ANEXO 4. MAPA DE DISTRIBUCIÓN MINERAL EN LAS CONCESIONES DE LA EMPRESA ALSABE S.R.L



Elaboración Propia

ANEXO 5. LEY DE MINERAL.

De nuestra mayor consideración.

Mediante la presente me dirigo a usted, para hacerle llegar mi cordial saludo, como Gerente Administrativo de la **Empresa Calera ALSABE S.R.L**, de la ciudad de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, Región Cajamarca, para manifestarle lo siguiente:

Nosotros, como empresa debidamente formalizada y productora de cal, con muchos años de experiencia en la producción de **Oxido de calcio**, le hago llegar la cotización cal VIVA.

TM	DESCRIPCIÓN	GRANULOMETRÍA	% DE OXIDO DE CALCIO	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL MÁS IGV
1.000	CAL VIVA	MALLA 100 mm	80-83	S/. 535.00	S/. 631,300.00

TM	DESCRIPCIÓN	GRANULOMETRÍA	% DE OXIDO DE CALCIO	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL MÁS IGV
1.000	CAL VIVA	CHANCADA DE % " P	80-85	S/. 445.00	S/. 525,100.00

TM	DESCRIPCIÓN	GRANULOMETRÍA	% DE OXIDO DE CALCIO	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL MÁS IGV
1.000	CAL VIVA	CAL A GRANEL	80-85	S/. 370.00	S/. 436,600.00

- SACO : 100 KILOS
- INCLUYE TRANSPORTE
- PUESTO EN LIMA
- ENTREGA A 3 DÍAS, DESPUÉS DE GENERADA LA ORDEN DE COMPRA

El pago será, de 50 % una vez generada la orden de compra, y el otro 50 % después de la entrega del producto, con su respectiva factura

Sin otro particular y a la espera de su grata orden, hago propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi consideración y estima personal